

A relevância do setor de resíduos sólidos em Minas Gerais no cumprimento dos compromissos climáticos

Ana Carolina Mendes dos Santos
Cláudia Campos Albuquerque
Bruna Soares Guimarães

Alessandra Silva Araújo
Argemiro Teixeira Leite Filho
Britaldo Silveira Soares Filho

Introdução

Os impactos das mudanças climáticas estão ocorrendo de modo mais rápido e intenso do que originalmente previsto (1). Trata-se de uma crise global sem espaço para retóricas, que requer soluções em todas as escalas e em todos os setores (2). O Acordo de Paris preconiza que cada país descreva e comunique suas ações climáticas pós-2020 através da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), principal compromisso internacional na área de mudança do clima. Reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) até atingir a neutralidade climática, ou seja, emissões líquidas nulas, é um enorme desafio pois demandará mudanças significativas nos processos produtivos dos diferentes setores da economia.

Minas Gerais tem histórico de pioneirismo em questões ambientais. Foi o primeiro Estado brasileiro a implementar o ICMS Ecológico, o Pagamento por Serviços Ambientais, a estabelecer um Conselho Estadual de Política Ambiental e a criar uma iniciativa de Gestão Integrada de Resíduos por meio da Política Estadual de Resíduos Sólidos, que, inclusive, serviu de modelo para a Política Nacional.

Nessa tradição de pioneirismo, Minas Gerais assinou em junho de 2021 um acordo e tornou-se o primeiro Estado da América Latina e do Caribe a aderir à campanha das Nações Unidas *Race to Zero* (Corrida para o Zero), com o objetivo de alcançar emissões líquidas de gases de efeito estufa (GEE) nulas até 2050 e assim contribuir para limitar o aumento da temperatura global a 1,5°C. A partir de então, o Estado tem prazo de 12 meses para apresentar as ações para alcançar o objetivo

principal de zerar as emissões até 2050, e também os objetivos parciais, ou seja, as reduções até 2030 e até 2040 (3).

Definir ações concretas e mensurar seus resultados é essencial para o cumprimento dos compromissos climáticos. Nesse contexto, as Curvas de Custo Marginal de Abatimento (MACC) podem ser úteis aos tomadores de decisão, pois mostram de forma clara o custo (em unidades monetárias por emissão evitada de CO₂e) para a implementação de tecnologias de mitigação de emissões de GEE e o potencial de redução de emissões associado (em massa de CO₂e). As MACC podem ser utilizadas para qualquer unidade política e aplicadas a diversas áreas.

Outro grande desafio no enfrentamento das questões climáticas é a sinergia ou transversalização com as políticas setoriais, que demanda uma abordagem global principalmente na fase de planejamento. Assim, considera-se o momento atual de elaboração do Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais, que inclui manejo de resíduos sólidos, uma oportunidade de se pensar ações que contribuam para o cumprimento das metas estabelecidas em acordos climáticos. Afinal, o Plano deverá traçar o planejamento do setor para os próximos 20 anos.

Ainda que o setor de resíduos sólidos represente uma pequena parcela das emissões totais de GEE de Minas Gerais, trata-se do setor econômico que historicamente apresenta maior crescimento das emissões (aumento de 187% de 1990 a 2019), as quais estão associadas ao aumento da população (4) e tendem a aumentar nas próximas décadas, conforme Figura 1, caso medidas mitigadoras não sejam adotadas.

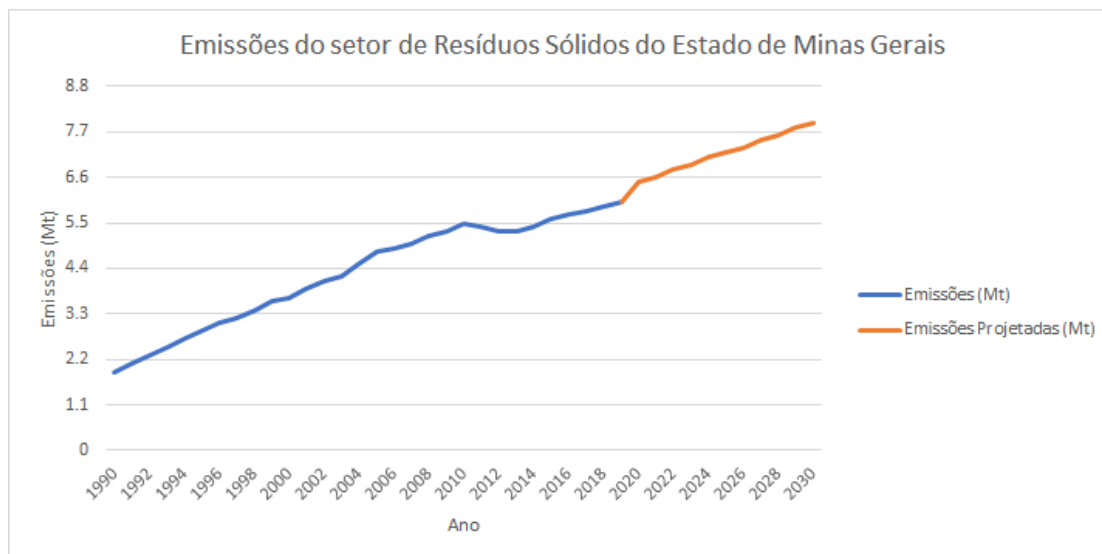


Figura 1 – Projeção para emissões do setor de resíduos sólidos em MG

Emissões de resíduos sólidos em MG

Resíduo sólido é todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade. O descarte desse resíduo não significa que ele não tem mais valor, mas sim que não é mais necessário para quem o descartou. Contudo, existem grandes chances desse resíduo ainda ser útil para outras pessoas, em sua forma original ou transformado. Resíduos são diferentes de rejeitos. Estes últimos não têm possibilidade economicamente viável de tratamento e/ou recuperação. Por isso, devem receber uma disposição final ambientalmente adequada.

Como o foco deste estudo é discutir as medidas com maior peso para a mitigação de emissões de GEE, o foco se deu para os resíduos urbanos e domésticos, que são os que apresentam maior participação nas emissões desses gases e que têm representado maior desafio na gestão. Nesse sentido, ainda que relevantes, os resíduos industriais e rurais não estão incluídos na presente análise.

Em 2019, MG gerou quase 7 milhões de toneladas de resíduos sólidos, aumentando assim o total de emissões de GEE (4) do setor e indicando necessidade de atuação na contenção desta tendência de aumento. O histórico observado nas últimas décadas leva ao questionamento de quão efetivas têm sido as políticas públicas para o setor.

O grande objetivo estratégico das Políticas tanto Estadual quanto Nacional de Resíduos Sólidos é destinar o mínimo possível para os aterros sanitários, ou seja, priorizar a redução do volume de resíduos sólidos à menor fração possível e, depois, recuperar todo o material e o potencial energético aproveitáveis, dispondo apenas os rejeitos. Contudo, não é esse o foco que tem sido dado nas ações do Estado, visto que a maior parte delas têm sido voltadas para a regularização dos sistemas de destinação final (aumento dos aterros sanitários e diminuição/extinção dos lixões) (5).

A busca de soluções para o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos tem sido um desafio, tanto para o setor público quanto para o privado, o qual se inicia na própria cobertura dos serviços básicos para a população. Atualmente, 71% da população urbana em Minas Gerais é atendida por coleta e destinação final ambientalmente regularizada (6).

Acabar com os lixões é, sem dúvida, fundamental, pois estes contribuem com a contaminação do solo e das águas subterrâneas, devido à produção de chorume, e com o aumento do número de doenças, a partir da proliferação de animais e vetores. O Programa Minas sem Lixões, criado com esse objetivo, estabeleceu como metas encerrar 80% dos 823 lixões existentes em 2003 e atender 60% da população urbana com sistemas tecnicamente adequados e devidamente licenciados até dezembro de 2011. Ao final de

2018, 41% do número de municípios ainda dispunham seus RSU em lixões e a meta prevista de atendimento em 2003 só foi atingida em dezembro de 2017 (5).

Contudo, mesmo os aterros sanitários, entendidos como locais de disposição adequada dos resíduos, podem ser problemáticos. Sem a ampliação de mecanismos de captura e aproveitamento do biogás gerado, a disposição nestes locais pode aumentar as emissões de GEE dos resíduos, com a decomposição da matéria orgânica em ambiente anaeróbio e consequente emissão de metano (CH₄), um gás-estufa com potencial de aquecimento 28 vezes maior que o CO₂. Atualmente, as emissões de aterros sanitários são mais representativas que as emissões oriundas de locais de disposição inadequados, representando 57% das emissões dentro do setor de resíduos sólidos (7).

De fato, o principal responsável pelas emissões de GEE referentes ao setor de resíduos sólidos é a disposição final (aterros controlados, aterros sanitários e lixões), devido ao metano produzido. Suas concentrações aumentaram

significativamente nas últimas décadas, estando bem acima dos limites de segurança delineados pelo último relatório publicado em 2018 pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Além disso, a maior parte das emissões está relacionada a resíduos produzidos anos antes, que apenas após o processo de biodegradação por parte dos microrganismos formaram os respectivos gases. Ou seja, a contribuição dos resíduos sólidos enviados atualmente aos aterros para as emissões de GEE se dará apenas daqui a alguns anos.

A análise da composição gravimétrica (peso percentual dos materiais que compõem uma amostra) dos resíduos sólidos de MG (Figura 2) revela a predominância de materiais orgânicos (44,82%), seguida de materiais recicláveis (30,17%) e de materiais que, embora haja dificuldade de reciclagem (madeira, couro, borracha, têxtil, eletrônico), podem ser reaproveitados (9,88%). Ou seja, do total de resíduos sólidos urbanos gerados em Minas Gerais, existe alternativa de destinação que não os aterros sanitários para quase 85% e apenas 15,13% são realmente rejeitos (5).

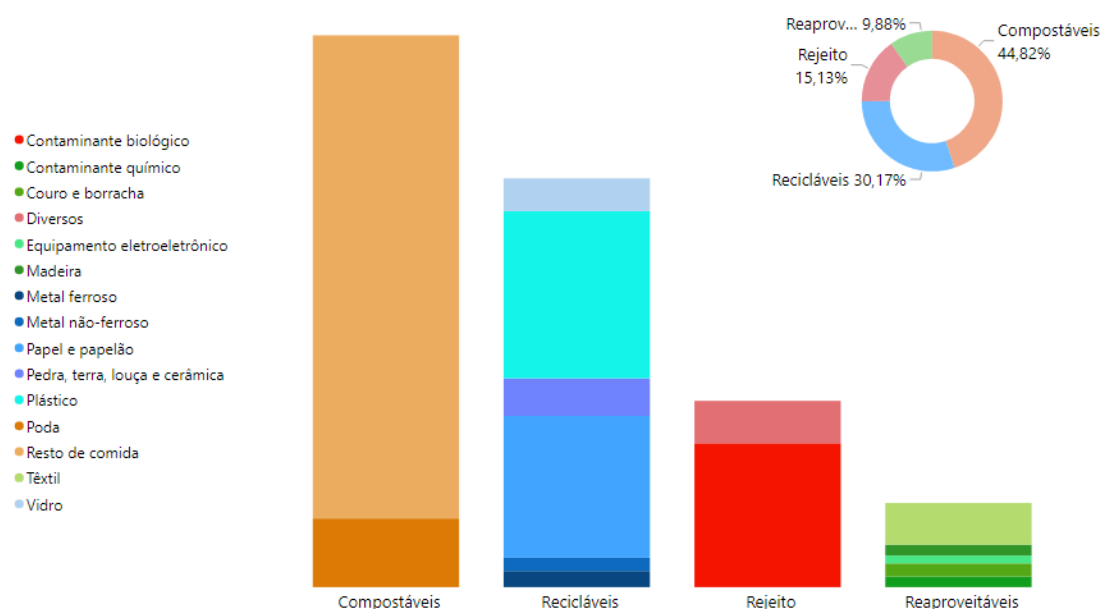


Figura 2 – Composição gravimétrica (%) dos resíduos sólidos do Estado de Minas Gerais.

Curva de Custo Marginal de Abatimento e oportunidades de redução de emissões

As curvas de custo marginal de abatimento (MACC) são análises que indicam o custo marginal de redução de emissões para quantidades variáveis de redução de emissões. Configuram-se em

ferramenta útil aos tomadores de decisão porque quantificam o potencial de redução das emissões de GEE e o investimento necessário para isso. A apresentação gráfica possibilita determinar quais medidas são as mais efetivas para que uma meta de redução de emissões seja atingida (8).

A partir da metodologia recomendada pelo IPCC, dados observados em literatura (9) e o inventário do estado, o presente trabalho mostra como o setor de resíduos sólidos pode contribuir para a

redução das emissões de GEE em Minas Gerais e o quanto isso se reflete em termos econômicos. Para a elaboração da curva MACC, as ações de mitigação foram estruturadas em quatro diferentes agrupamentos (reciclagem, logística reversa e cogeração, aproveitamento energético em aterro e compostagem), tendo em vista que algumas delas se voltavam para o mesmo objetivo (Figura 3). Dessa forma foi possível consolidar o potencial de redução de emissões no cenário de efetividade de implantação.

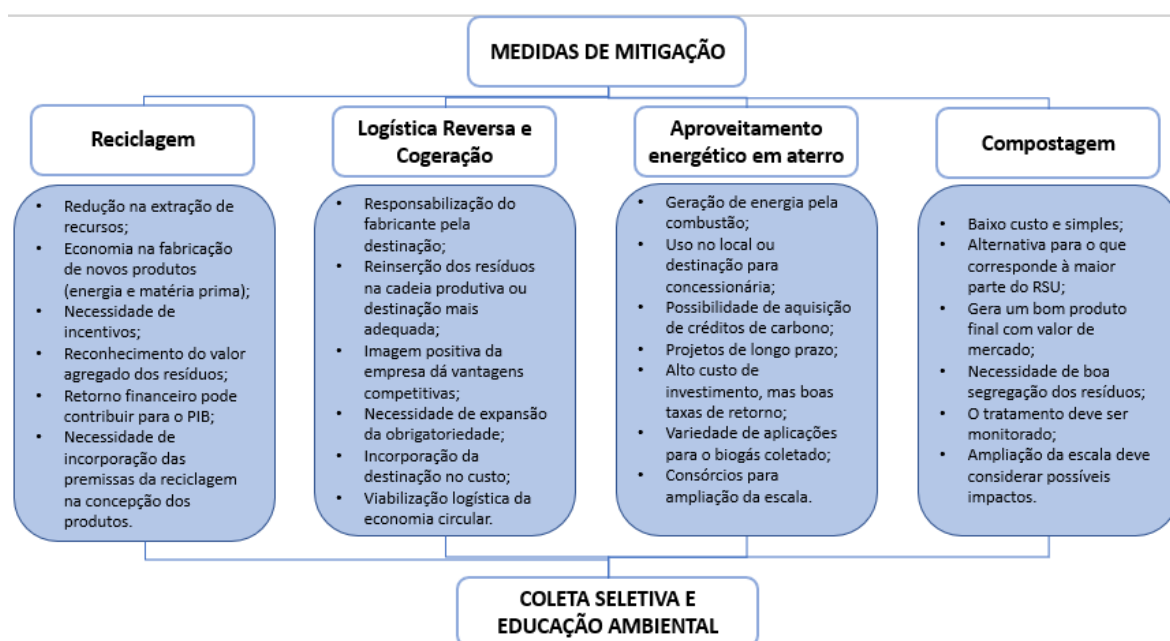


Figura 3 - Resumo das iniciativas propostas para redução das emissões de GEE pelo setor de resíduos sólidos.

O resultado da curva MACC aponta três principais medidas: aproveitamento energético em aterro sanitário, compostagem e reciclagem. As considerações realizadas dizem respeito ao potencial máximo de cada medida para o abatimento no total de emissões. Esse resultado está bem alinhado com as soluções apontadas pelo SEEG (10) para redução das emissões de GEE nos municípios brasileiros, indicando que os caminhos já existem e são conhecidos.

Além do agrupamento mencionado, a construção da Curva MACC (Figura 4) baseou-se nas reduções de emissões de GEE visando atender às metas estabelecidas no Acordo de Paris, com redução de 43% das emissões até 2030, tendo-se como ano-base 2005. Para definição do Custo Marginal de Abatimento, foram tomados como base valores já descritos em literatura. Um maior detalhamento da metodologia utilizada pode ser encontrado no Material Complementar deste Policy Brief.

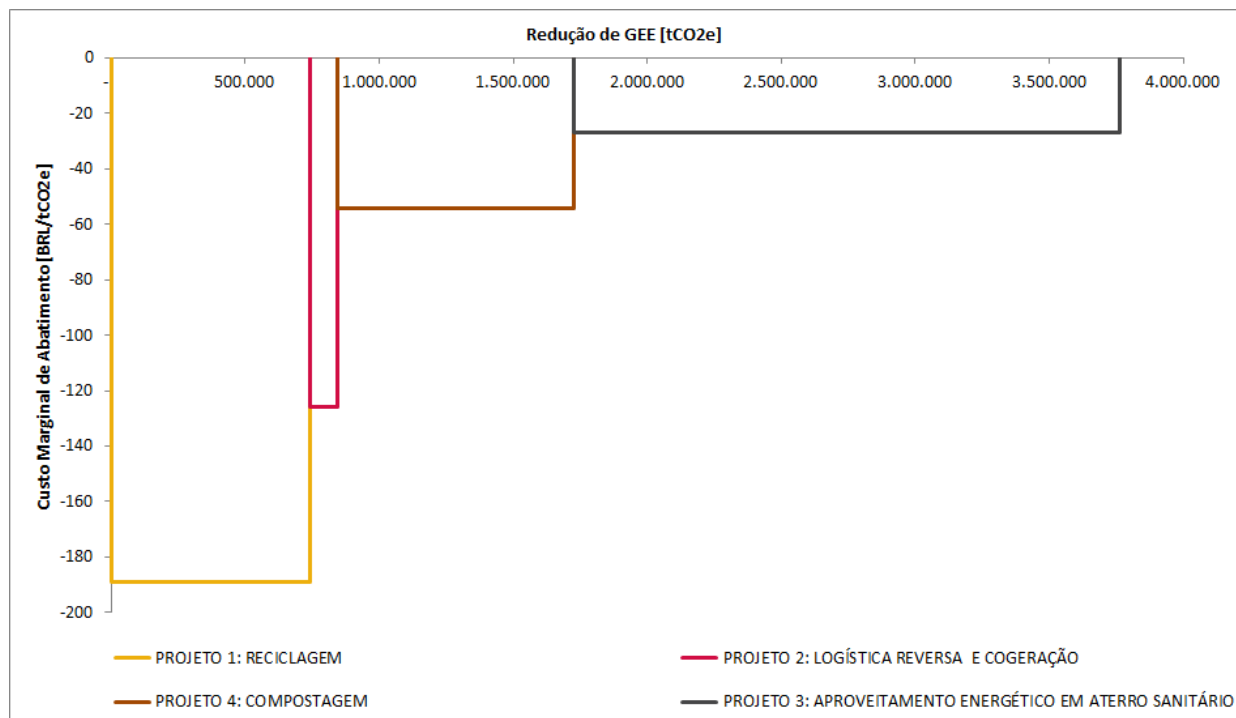


Figura 4 – Curva MACC para mitigação das emissões de gases de efeito estufa do setor de Resíduos Sólidos de Minas Gerais.

Com base na Curva MACC construída, percebe-se que todas as opções elencadas (Projetos 1 a 4) apresentam custos marginais negativos. Isso significa que os custos de investimento necessários para instalação e manutenção de cada um dos projetos são menores do que seu retorno, ou seja, os ganhos obtidos com a economia gerada pelo aproveitamento dos resíduos. Em outras palavras, as oportunidades de mitigação não apenas contribuem para a redução das emissões de GEE como também geram retorno financeiro no longo prazo.

A curva aponta que a implantação em larga escala de operações para o aproveitamento energético do biogás gerado nos aterros sanitários, apesar de apresentar um Custo Marginal de Abatimento menor do que as demais soluções no sentido de menor retorno financeiro, é a ação que mais tem potencial na redução de CO₂e, cerca de 2 milhões toneladas até 2030. O processo para aproveitamento deste gás ocorre com a captação do biogás, normalmente já presente nos aterros sanitários, mas que é direcionado para uma Central de Aproveitamento Energético, onde ocorre o tratamento do biogás e sua combustão para geração de energia elétrica.

Devido ao seu potencial energético, o biogás pode ser aproveitado para geração de energia, seja para uso na unidade ou destinação para concessionária. Esse direcionamento pode, inclusive, permitir a aquisição de créditos de carbono para o aterro sanitário, o que garante a sua viabilidade financeira de implantação e operação. Mas os projetos de aproveitamento do biogás devem ser de no mínimo 10 a 15 anos, devido principalmente ao contrato da prestação do serviço de venda de energia elétrica, que tem característica de longo prazo, e ao fato de que o investimento inicial para implantação desse tipo de tecnologia é relativamente alto e necessita de um período de tempo longo para a amortização em casos de financiamento (11).

No entanto, considerando a venda da energia elétrica produzida e a venda de créditos de carbono, estima-se que esses projetos tenham retorno do investimento em menos de seis anos (12). Atualmente as aplicações mais comuns para o biogás são o aquecimento e a geração de eletricidade. Além dessas aplicações, a utilização como combustível veicular e a injeção na rede de gás natural são aplicações que vêm atraindo um interesse cada vez maior (13).

Minas Gerais pode se beneficiar do grande potencial para o abatimento das emissões no setor de resíduos e das diversas experiências de projetos para recuperação de biogás do metano já em curso no Brasil. De 2003 a 2019 foram contabilizados 49 projetos deste tipo na plataforma da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (7). Para isso, é fundamental o fortalecimento dos consórcios intermunicipais, de forma a viabilizar, técnica e economicamente, a implantação de soluções sustentáveis e adequadas para a realidade estadual. Para que seja viável economicamente e haja potencial comercialização da energia recuperada do aterro, é necessária uma quantidade mínima de 200 toneladas de resíduos sólidos por dia (14) e 500 mil toneladas totais durante toda a sua vida útil (15).

Minas Gerais é o estado com o maior número de municípios, sendo que 84,5% deles apresentam população inferior a 30 mil habitantes. Assim, a existência de consórcios municipais para destinação dos resíduos a aterros sanitários é a opção mais interessante. Além disso, os consórcios municipais podem se configurar também numa oportunidade para a implementação de uma cadeia logística de reciclagem de resíduos.

Apesar de serem tratados como destinações finais ambientalmente adequadas dentro das políticas públicas, os aterros sanitários dentro de uma gestão integrada de resíduos sólidos sustentável seria o local de destinação apenas dos rejeitos, enquanto os demais resíduos seriam reciclados, reaproveitados ou utilizados na compostagem, por exemplo. Mesmo tratando-se de obras de engenharia devidamente licenciadas e monitoradas, os aterros estão relacionados a emissões, o que por si só requer alguma tratativa, além da necessidade de grandes áreas, as quais devem ser monitoradas e não podem ser destinadas a outros usos. A geração de gases e chorume se dá mesmo após aproximadamente 15 anos do encerramento das operações (16).

Em um cenário onde todas as medidas propostas são implementadas, o aproveitamento energético seria uma grande vantagem, que se associaria a uma maior vida útil dos aterros, que receberiam apenas os rejeitos, amenizando os impactos desta destinação e criando uma gestão eficiente.

A segunda medida com maior impacto sobre a redução das emissões, de acordo com a curva MACC, é a compostagem, processo de baixo custo para transformação de matéria orgânica em adubo. Por corresponderem à absoluta maioria de todo o resíduo gerado no Estado de MG, os resíduos orgânicos justificam a necessidade de políticas específicas voltadas ao seu aproveitamento. Além disso, tendo em vista o potencial de culturas agrícolas presente em Minas Gerais, o estado pode absorver a produção do composto. Esse material, se bem separado, pode converter-se em adubo orgânico de excelente qualidade, podendo ser destinado a hortas urbanas, hortos e parques municipais. Além de evitar emissões de metano (caso fossem destinados a aterros controlados ou sanitários) e promover outros benefícios ambientais (aumento da vida útil do aterro, redução de emissão de gás metano e menor geração de lixiviado), a compostagem pode ser considerada uma alternativa de aproveitamento importante dos resíduos orgânicos, graças à sua simplicidade, praticidade e resultados atingidos.

Mas é fundamental que se garanta uma boa separação na origem (para evitar a contaminação com outros materiais), além condições físicas e químicas adequadas durante o processo de tratamento (controle do local, da disposição e configuração da matéria orgânica, umidade, aeração, temperatura, pH, nutrientes e tamanho das partículas), de maneira a garantir um adubo orgânico de qualidade, que alcance um melhor valor de mercado.

Já a terceira medida de maior impacto na redução das emissões de GEE é a reciclagem. Práticas como a não geração de resíduos e o aumento da reciclagem podem levar à redução das emissões de GEE, pois esses resíduos não precisariam chegar aos aterros sanitários, além de se evitar a utilização de recursos primários para a fabricação de novos produtos, economizando energia e recursos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) prevê incentivos fiscais, financeiros e creditícios e repasse dos Fundos Nacionais do Meio Ambiente e de Desenvolvimento Científico e Tecnológico para o investimento na área, e considera os resíduos sólidos um novo mercado emergente, ao

reconhecer o resíduo reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda. Os custos de tratamentos poderiam ser amenizados pela possibilidade de retorno financeiro, caso sejam consideradas as receitas geradas a partir da comercialização de materiais recicláveis. Em muitos países a questão dos resíduos sólidos significa uma parte do PIB, com ganhos para as empresas.

Uma das formas de fazer com que os resíduos possam ser reutilizados pela indústria é por meio da logística reversa, instrumento de desenvolvimento econômico e social que responsabiliza as empresas pela destinação que o usuário final dá a seu produto, de modo que elas forneçam opções de reinseri-lo na cadeia produtiva ou que haja o descarte de maneira correta. Ao sustentarem uma imagem ambientalmente correta para as empresas que a adotam, a logística reversa traz vantagens competitivas dentro do mercado.

Fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de agrotóxicos, pilhas, baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas e eletroeletrônicos hoje já são obrigados pela PNRS a implementarem sistemas de logística reversa após o uso pelo consumidor. Para os demais materiais ainda não existem acordos setoriais, embora o governo de Minas Gerais já esteja estudando a expansão destes sistemas. Entretanto, não houve até o momento a implementação desses sistemas em escala considerável, o que dificulta a gestão pública local.

Esse fluxo logístico é uma das propostas da Economia Circular, que rompe com o conceito linear de extrair, produzir, consumir e descartar. Destaca-se a necessidade de aplicação do conceito de sustentabilidade e ecodesign no projeto de produtos e suas embalagens, de modo a prever, na etapa de concepção, que sejam elaborados com materiais que facilitem a separação e a reciclagem no pós-consumo.

Muitos materiais ainda não possuem taxas significativas de reciclagem, como o vidro, por exemplo, porque não atingem uma quantidade mínima necessária que compense o recolhimento por parte da indústria. Assim, para garantir que esse sistema de logística reserva seja efetivamente

implementado, é necessária uma legislação ambiental mais rígida, que coloque essas atividades de reciclagem como parte do custo do produto, ou seja, que obrigue o fabricante a pagar pelo destino final desses bens, se responsabilizando pela coleta, destinação e tratamento. Além disso, ultrapassando a cobrança às empresas, é necessário criar pontos de descarte próximos aos consumidores e ao mesmo tempo garantir uma quantidade mínima de resíduos para otimização da coleta, ou seja, viabilizar logisticamente a coleta.

Assim como em relação à compostagem e à reciclagem em geral, é fundamental conscientizar os cidadãos para a segregação correta dos resíduos sólidos e o descarte em locais adequados. A educação ambiental é fundamental na viabilização da gestão adequada dos resíduos sólidos. Porém, também se faz necessário viabilizar tecnicamente os processos de reciclagem, como forma de incentivo e expansão, e também pois, quanto maior adesão menor tendem a ser os custos.

Outras medidas de incentivo à reciclagem incluem a ampliação dos benefícios tributários a empresas que criem e fabriquem produtos a partir de materiais reaproveitáveis e recicláveis, e programas de descontos na aquisição de novos produtos quando os consumidores finais levarem seus recipientes ou embalagens vazias, limpas e com código de barras visível até os pontos de coleta.

Considerando que o resíduo sólido urbano é constituído em sua maior parte por resíduos orgânicos e resíduos recicláveis, esses materiais têm grande potencial para, no curto a médio prazo, deixar de configurar-se como fonte emissora de GEE a partir da gestão integrada que minimize as emissões em toda a cadeia produtiva, desde a extração de matérias-primas, passando por manufatura e transporte, até chegar ao consumidor.

Ainda que a coleta seletiva e a reciclagem estejam aumentando nos últimos anos (5), dada a urgência de lidar com o aquecimento global, é preciso que esse crescimento seja impulsionado. Como visto, do total de resíduos sólidos gerados, apenas 15% são de fato rejeitos que não permitem aproveitamento. Estes resíduos sim deveriam ter

uma destinação final especial, enquanto para os demais o potencial no âmbito do reaproveitamento deveria ser priorizado, seja por meio da reutilização, reciclagem ou compostagem. O foco das políticas deveria estar nesses processos que, além de reduzirem as emissões de GEE, podem se converter em oportunidades sociais e econômicas, gerando emprego e renda, especialmente com o fortalecimento das associações de catadores.

A universalização dos serviços de coleta seletiva é o primeiro passo para viabilizar o aproveitamento dos resíduos sólidos e evitar sua disposição em aterros. E nesse processo os catadores de materiais recicláveis ainda exercem papel muito importante. Eles prestam um verdadeiro serviço ambiental a toda a sociedade, e por isso devem ser recompensados e valorizados. No entanto, cabe reconhecer as más condições atuais dessa atividade e a necessidade de buscar a reinserção dessas pessoas num mercado profissionalizado, com infraestrutura e segurança adequadas.

O Programa Bolsa Reciclagem foi instituído em 2011 com esse objetivo, isto é, conceder incentivo financeiro às cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis, pela contraprestação de serviços ambientais referentes a segregação, enfardamento e comercialização de papel, plástico, metais e vidros, entre outros. De fato, o Programa contribui com a melhoria da renda dos associados e com o aumento da formalização e organização administrativa das entidades, ainda que atrasos nos repasses trimestrais e problemas na comprovação de produtividade prejudiquem a continuidade e efetividade do programa (17).

A coleta seletiva depende fortemente de uma separação domiciliar adequada dos resíduos e, por isso, campanhas de sensibilização e de educação ambiental devem ser realizadas permanentemente até que promovam uma mudança de comportamento da sociedade em geral. A adequada segregação do resíduo também é importante no âmbito da compostagem, visto que a transformação de resíduo orgânico em adubo de qualidade por meio da compostagem exige que não haja contaminação por outros resíduos.

Os serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos têm característica predominantemente local, e os municípios são legalmente responsáveis pelo planejamento, gestão e prestação, bem como pela regulação desses serviços. Dado que a distribuição da população no Estado não ocorre de forma homogênea, percebe-se a dificuldade de gestão dos RSU. Nos pequenos municípios, os obstáculos são agravados pela falta de escala para implantação de soluções de aproveitamento econômico, ou até mesmo para disposição final adequada, e pela baixa capacidade técnica e institucional do titular.

Uma importante forma de incentivar a atuação dos municípios na gestão correta dos resíduos é via fiscalização do cumprimento de suas obrigações legais. Assim, o Ministério Público, como promotor do cumprimento da lei a favor do cidadão, pode ser um importante agente. Sua atuação pode se voltar a medidas efetivas de controle, supervisão e fiscalização de todas as etapas da gestão dos resíduos. Ao mesmo tempo, é necessário que exerça o papel de parceiro das prefeituras na construção da solução, considerando suas dificuldades e as situações específicas decorrentes das diferentes realidades brasileiras.

Ponto fundamental para melhorar a gestão dos resíduos sólidos e garantir o cumprimento dos acordos climáticos é a disponibilização de dados sobre geração e aproveitamento dos resíduos. Sem dados suficientes, torna-se difícil o estabelecimento de metas e indicadores de monitoramento ou o acompanhamento dos avanços no setor. A própria PNRS exige a transparência no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos dos setores públicos e privados. Um dos instrumentos criados pela Política é o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), em que Estados e Municípios devem disponibilizar anualmente todas as informações relacionadas aos resíduos sólidos gerados de forma eficiente e sistematizada. No entanto, do total de municípios mineiros, apenas 71% declaram suas informações no Sistema (18).

Para monitoramento da efetividade do compromisso do estado na mitigação das emissões de gases de efeito estufa com base nas ações

elencadas anteriormente, sugere-se utilizar os parâmetros abaixo:

1. Quantidade de resíduos gerada por habitante;
2. Emissões de GEE dos RSU por habitante;
3. Comparação da oscilação do PIB com a geração de resíduos industriais, com base nos registros do MTR;
4. Quantidade de emissões de GEE evitadas pelo aproveitamento energético do biogás.

Conclusões

O setor de resíduos é transversal a diversas questões ambientais, sociais e econômicas e, apesar do impacto subestimado, sua contribuição para mitigação das mudanças climáticas pode ser considerável. Soma-se a isso o fato de que diante da atual crise climática, toda medida de redução de emissões de GEE é relevante para contenção do aumento da temperatura média global.

O cenário desejável na tratativa dos resíduos sólidos frente às mudanças climáticas requer que a destinação final em aterros sanitários se dê apenas para os rejeitos, e que as premissas de não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento sejam priorizadas e incorporadas nas políticas públicas.

Atualmente está em processo de elaboração o Plano Estadual de Saneamento Básico do estado de Minas Gerais, que abarca o setor de resíduos sólidos e visa consolidar iniciativas existentes e fortalecer pontos fortes, principalmente no âmbito da reciclagem, logística reversa e consórcios entre municípios para que a gestão integrada e eficiente possa ser estabelecida. Contudo, as ações que visam à hierarquização dos princípios estabelecida nas políticas de âmbito federal e estadual ainda não estão incorporadas.

Como forma de estimar os custos e mensurar o quantitativo de redução das emissões de GEE para o setor de resíduos sólidos em Minas Gerais, a Curva de Custo Marginal de Abatimento mostrou as ações que possuem maior peso na redução de

gases e que, portanto, devem ser adotadas para que o Estado cumpra com seus compromissos climáticos e contribua para limitar o aumento da temperatura global a 1,5°C. Mais do que isso, a curva provou que essas medidas apresentam benefícios econômicos superiores aos custos operacionais e de implantação e, assim, trazem retornos econômicos no longo prazo.

Em um curto e médio prazo e visando atingir as metas e acordos climáticos, foi mostrado como os aterros sanitários, sendo a principal fonte de emissões no estado de Minas Gerais, a ação mais emergencial é a recuperação do metano nestas instalações. Deve-se reforçar que se trata de uma medida de transição, conhecida no meio científico como “regret”, ou “pesar” em inglês, por não ser a melhor alternativa para o combate às mudanças climáticas, mas a opção mais viável num curto espaço de tempo até que estratégias mais eficientes e estruturantes sejam adotadas.

Um dos desafios encontrados e que se torna necessário na construção da agenda de mitigação é o acompanhamento dos dados de emissões de gases de efeito estufa e maior transparência da metodologia utilizada. O último inventário calculado pelo estado de Minas Gerais foi com ano-base de 2014 e apresentou deficiências em seu processo. É necessário um monitoramento mais robusto e frequente que possa tornar a gestão das emissões mais assertiva.

As medidas de mitigação para as emissões de GEE do setor de resíduos devem ser tratadas a partir de três tipos de análise: tecnológica, que envolve a infraestrutura e melhores tecnologias disponíveis para tratamento e destinação final; socioeconômica, que diz respeito às características da população e podem ser expressas principalmente pelo IDH e pelo PIB; e financeira, que expressa os custos relacionados à implementação das medidas de mitigação e às potenciais receitas geradas.

Para que a redução nas emissões seja efetiva, é necessário que estas três análises sejam realizadas conjuntamente para compor os cenários de mitigação e adaptação. Isso porque ações eficazes devem abranger tecnologias com baixas emissões, melhorias socioeconômicas que impactem na menor geração e melhor gerenciamento dos

resíduos e minimização de custos com geração de lucros quando possível.

Já existem no Brasil muitas ferramentas de monitoramento das emissões de gases de GEE e diversas tecnologias disponíveis para o tratamento

adequado dos resíduos sólidos. Acima de tudo é preciso vontade política, legislação rigorosa, incentivos econômicos e articulação coordenada entre as diferentes pastas para que as medidas sejam efetivamente implementadas.

Referências

1. Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas - IPCC (2018) Relatório especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) sobre os impactos do aquecimento global de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais e respectivas trajetórias de emissão de gases de efeito estufa, no contexto do fortalecimento da resposta global à ameaça da mudança do clima, do desenvolvimento sustentável e dos esforços para erradicar a pobreza: sumário para formuladores de políticas. Incheon, República da Coreia: Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas, 28 p. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>.
2. Hawken P (2017) Drawdown: the most comprehensive plan ever proposed to reverse global warming. New York, USA: Penguin Books, 256 p.
3. Carvalho F (2021) Minas Gerais formaliza adesão ao *Race to Zero*. Viçosa, Brasil: Mata Nativa. Disponível em: <https://www.matanativa.com.br/minas-gerais-formaliza-adesao-race-to-zero/>.
4. Angelo C, Rittl C (2019) Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do Brasil (1970-2018). Brasil: SEEG/Observatório do Clima, 32 p. Disponível em: https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2019/11/OC_SEEG_Relatorio_2019pdf.pdf.
5. Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM (2016) Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais – Ano base 2014. Belo Horizonte, Brasil: FEAM/Governo de Minas, 2016. 57 p. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/inventario/Estimativas_GEE_2005_2014_MG_FEAM_v02-1.pdf.
6. Agência Minas (2021) Destinação regular de resíduo atende mais de 70% da população urbana de MG. Agência Minas, 19 de agosto de 2021. Disponível em: <http://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/destinacao-regular-de-residuo-atende-mais-de-70-da-populacao-urbana-de-mg>.
7. Albuquerque I, Alencar A, Angelo, Azevedo T, Barcellos F, Coluna I, Costa-Junior C, Cremer M, Piatto M, Potenza R, Quintana G, Shimbo J, Tsai D, Zimbres B (2020) Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do Brasil (1970-2019). Brasil: SEEG/Observatório do Clima, 41 p. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf.
8. Motta RS, Couto LC, Castro L (2012) Curvas de custos marginais de abatimento de gases de efeito estufa no Brasil: resenha e oportunidades de mitigação. Rio de Janeiro, Brasil: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 64 p. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1053/1/TD_1781.pdf.
9. Brown MA, Dwivedi P, Mani S, Matisoff D, Mohan JE, Mullen J, Oxman M, Rodgers M, Simmons R, Beasley B, Polepeddi L (2021) A framework for localizing global climate solutions and their carbon reduction potential. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(31): e2100008118.

10. ICLEI, IEMA, IMAFLORA, IPAM, OC (2021) Soluções para redução das emissões de gases de efeito estufa nos municípios brasileiros. Brasil: SEEG/Observatório do Clima, 194 p. Disponível em: https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2021/08/20210819_SeegSolucoes_Final_v3.pdf.
11. Januário TLS, Marinho JLA, Oliveira JFA (2019) Potencial de geração de energia elétrica a partir do aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos no Brasil. Brazilian Journal of Development, 5(12): p 30092-30103.
12. ICLEI (2009) Manual do aproveitamento do biogás. Vol. 1 – Aterros Sanitários. São Paulo, Brasil: Secretariado para a América Latina e Caribe, Escritório de Projetos no Brasil. Disponível em: http://www.resol.com.br/cartilha12/manual_iclei_brazil.pdf.
13. Zanette AL (2009) Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2009. Disponível em: <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/21429297>.
14. Freitas CO, Makiya IK (2012) Potencial Energético a Partir do Biogás Proveniente de Aterros Sanitários no Estado de São Paulo. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, Brasil: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO). Disponível em: https://www.al.sp.gov.br/repositorio/bibliotecaDigital/20919_arquivo.pdf.
15. Johannessen LM (1999) Guidance note on recuperation of landfill gas from municipal solid waste landfills. Washington, USA: The World Bank, 34 p. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/892171468766767158/pdf/multi-page.pdf>.
16. Kaza S, Yao LC, Perinaz BT, Frank VW (2018) What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. Washington, USA: World Bank, 292 p. ISBN: 978-1-4648-1347-4.
17. Bonazzi GM (2018) Resíduos sólidos e políticas públicas para o desenvolvimento sustentável: os impactos do programa bolsa reciclagem sobre a coleta seletiva de vidro. Monografia (Bacharelado em Administração Pública). Fundação João Pinheiro. 2018. Disponível em: <http://monografias.fjp.mg.gov.br/bitstream/123456789/2524/1/Res%C3%ADduos%20s%C3%B3lidos%20e%20pol%C3%ADticas%20p%C3%ABlicas%20para%20o%20desenvolvimento%20sustent%C3%A1vel%20os%20impactos%20do%20programa%20bolsa%20reciclagem%20sobre%20a%20coleta%20seletiva%20de%20vidro.pdf>.
18. Ministério do Meio Ambiente - MMA (2019) Painel de gestão de resíduos sólidos urbanos: indicadores estaduais. Brasília, Brasil: MMA. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNGVkyTRiZTktMGUwZS00OWFiLTgwNWYtNGQ3Y2JlZmJhYzFiliwidCjI6IjIjY2ZmE5LTNmOTMtNGJiMS05ODMwLTZyNDY3NTJmMDNINCIsImMiOjF9>.